Construisez vous-même vos Condensateurs Variables de Puissance

Que ce soit pour réaliser un ampli linéaire ou un coupleur d'antenne de puissance, ces composants sont devenus difficiles à trouver de nos jours.

Lorsque vous en trouvez dans les surplus ou les "marchés aux puces" par exemple, leur capacité et leur encombrement correspondent rarement à vos besoins et leur prix est devenu prohibitif.

INTRODUCTION

Cet article décrit la réalisation "home made" d'un condensateur variable d'une capacité de 250 pF max, sous une tension de service de 3000 V, destiné à l'accord d'un amplificateur à tubes de 2 kW p.e.p. max. Elle est à la portée d'un amateur quelque peu expérimenté en travaux mécaniques de précision et vous demandera un peu de patience pour obtenir un produit de qualité professionnelle.

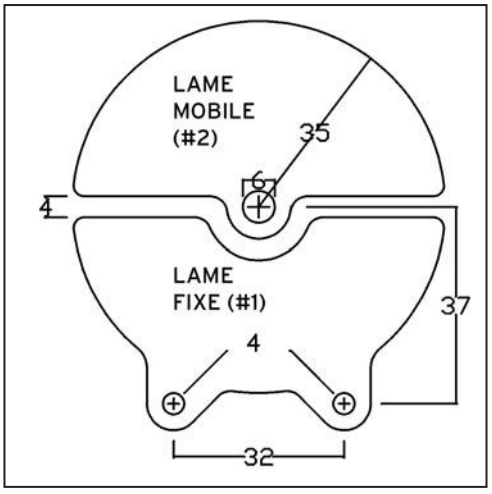


Figure 1 : Les lames fixes et mobiles.

LES MATÉRIAUX ET L'OUTILLAGE NÉCESSAIRES

En gros, pour réaliser ce condensateur variable vous devrez disposer de feuille d'aluminium de 8/10 mm d'épaisseur destinée à la réalisation des armatures (lames) fixes et mobiles, de plaque d'aluminium de 3 mm d'épaisseur pour les deux montants d'extrémité, de morceaux de récupération en matière isolante (en résine acrylique, Bakélite ou tout autre matériau isolant), de tige de laiton filetée M4, d'écrous et de rondelles correspondantes en laiton, d'une tige de laiton de 6 mm de diamètre (pour l'axe de commande) ainsi que de la tige de laiton de 12 mm diamètre destinée aux entretoises espaçant les deux montants etc.

Une description des pièces à confectionner, est donnée dans le tableau ci-contre.

Ici, le condensateur comprendra 15 lames fixes maintenues isolées et 16 lames mobiles directement fixées sur l'axe de commande qui formeront l'armature reliée à la cage du condensateur.

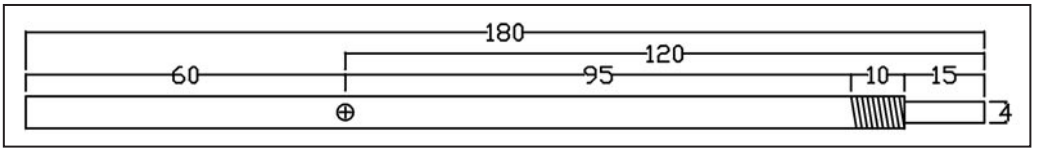
- Les deux plaques (#5) sont en matériau isolant tel que décrit ci-dessus. Matériau : elles peuvent aussi être faites à partir de chutes de plaque de verre Epoxy comme celle des circuits imprimés mais dépourvues de surface cuivrée. Le verre Epoxy a une excellente tenue diélectrique et mécanique. Ces plaques sont de faible épaisseur (épaisseur 0,8 à 1 mm max) et vous devrez en superposer 2 ou 3 ensemble pour satisfaire aux dimensions requises.
- Les 15 lames fixes (#1) et les 16 lames mobiles (# 2) pourront être dégrossies par 15 rectangles de 70 x 40 mm et 16 rectangles de 70 x 42 mm qui pourront être directement découpés à la cisaille sur pied de votre fournisseur. (Dans ces conditions leur planéité est respectée et c'est ce qui compte avant tout).
- Vous devrez disposer des outils suivants :

Diverses limes plates à grain fin (douces), d'un étau d'établi, d'une perceuse à main (ou mieux "sensitive"), d'un jeu de forets et de tarauds et filières M3 et M4 et d'un pied à coulisse au 1/50 mm).

Seul l'usinage de pièces de précision, telles que les paliers/butées d'extrémité et les entretoises de lames nécessitent

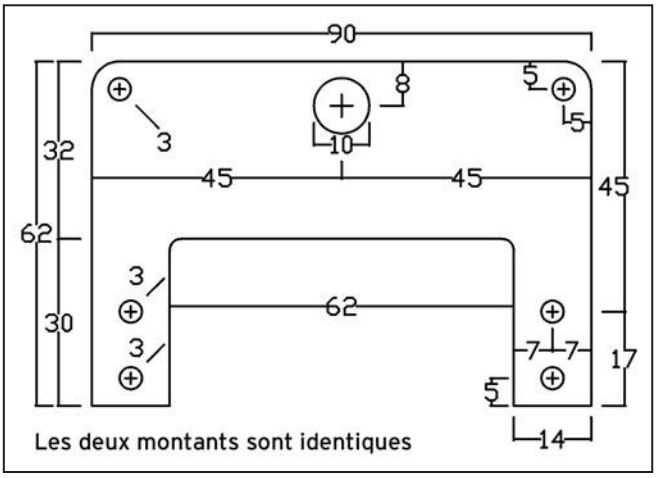
RÉCAPITULATION DES PIÈCES

N°#	Nbre	Dénomination	Description à l'état brut et dimensions en mm
1	15	Lame fixe	Plaque d'alu. épaisseur 8/10 mm, 70 x 42mm
2	16	Lame mobile	Plaque d'alu. ép. 8/10 mm, 70 x 40 mm
3	1	Axe de commande	Tige (jet) de laiton Ø 6mm, long. 180 mm
4	2	Montant	Plaque d'alu. ép. 3 mm, 90 x 62 mm
5	2	Plaque isolante	Plaque de bakélite, ép. 30/10, 90 x 40 mm
6	1	Palier frontal	Tige (jet) de laiton Ø 12mm, long. 7 mm
7	1	Palier arrière	Tige (jet) de laiton Ø 12 mm, long. 12 mm
8	1	Entretoise frontale	Tige (jet) de laiton Ø 12 mm, long. 18 mm
9	32	Entretoise de lames fixes	Tube de Cu ou laiton Ø int. 6 mm, long. 5 mm
10	16	Entretoise de lames mobiles	Tige (jet) de laiton Ø ext. 12 mm, long. 5 mm
11	2	Support des lames fixes	Tige (jet) laiton filetée M4, longueur 150 mm
12	4	Entretoise/montant	Tige (jet) de laiton Ø 6mm, longueur 127 mm
13	12	Ecrou	Ecrou de laiton M4
14	8	Rondelle	Rondelle laiton, Ø intérieur 4 mm
15	1	Ecrou	Ecrou de laiton M6
16	10	Vis	Vis laiton M3 x 10 mm
17	1	Ecrou	Ecrou laiton M3
18	1	Borne (connexion lames fixes)	Borne à cosse



▲ Figure 2 : L'axe de commande.

▼ Figure 3 : Montant de la cage.



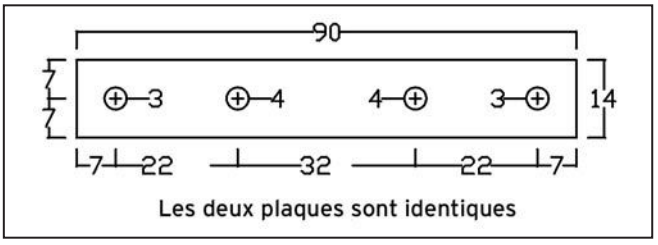


Figure 4 : Les plaques isolantes.

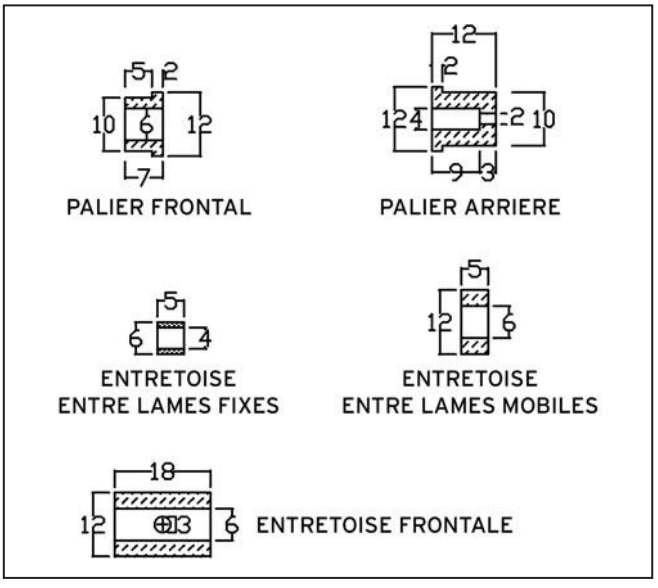


Figure 5 : Les paliers et les entretoises.

l'usage d'un tour : si vous n'en disposez pas, vous devrez avoir recours à un ami qui en possède un.

LES LAMES FIXES ET MOBILES (ARMATURES)

Les lames sont réalisées à partir de feuille d'aluminium ou de Dural de 8/10 mm d'épaisseur... Les lames fixes (# 1) seront percées à Ø 4 mm (2 trous) et les lames mobiles (# 2) le seront à Ø 6 mm (1 trou pour le passage de l'axe). Voir la figure 1.

Confection, traitement et alignement des lames : pour cela, vous devez d'abord confectionner deux gabarits de perçage tracés et percés, l'un aux cotes des lames fixes (# 1) et l'autre aux cotes des lames mobiles (# 2) y compris leur contour. Des chutes de tôle fine conviennent pour cela. Les trous correspondants vous serviront ensuite à pointer puis percer les lames avec une bonne reproductibilité. Les contours des gabarits vous serviront ensuite à découper le profil correspondant (prévoir quelques lames de plus, en cas de problème durant l'assemblage final). Pour cela : vous empilez, gabarit compris, toutes les lames fixes sur les deux tiges filetées et toutes les lames mobiles de la même manière mais sur l'axe de commande. Serrez-les entre elles à l'aide d'écrous. Ensuite, à l'aide de limes, ramenez leur contour à celui des gabarits.

N.d.l.r. - après cette opération, les lames devront être ébarbées à la main, à la lime douce. Leurs perçages seront ébarbés à la main à l'aide d'un foret de Ø plus grand ou mieux à l'aide d'une fraise conique et pour que les lames soient parfaitement planes.

FINITION DES LAMES

Les lames fixes et mobiles (#1 et 2), une fois exécutées, devront être aussi identiques que possible, entre elles. La qualité du condensateur en dépend ! Aussi nous vous recommandons de les soumettre ensuite à l'un et/ou l'autre des traitements suivants :

- Traitement mécanique : A l'aide d'une éponge abrasive verte (Scotchbrite® ou autre utilisée dans votre cuisine) imbibée de savon (liquide pour la vaisselle...), vous frottez les deux faces de chaque lame pour éliminer tout ébarbage et éraflure persistants.
- Traitement chimique (Attention danger !) : Vous pouvez aussi éliminer ces défauts en plongeant les lames dans une solution aqueuse de soude caustique qui attaque l'aluminium. La solution doit être composée de 400 à 500 grammes de soude caustique par litre d'eau. La réaction chimique ainsi produite dégage beaucoup de chaleur et il faudra opérer à l'air libre ou dans un local bien ventilé. Malgré cela, la soude caustique demeure très agressive ; aussi l'usage de gants en latex, de vêtements de travail et d'une bonne ventilation est recommandé pour ce genre de manipulation. En cas de contact accidentel, n'hésitez pas à vous laver abondamment à l'eau courante. Après un tel traitement chimique, les lames ainsi obtenues devront être abondamment rincées à l'eau courante et séchées. *(N.d.l.r. : En France, cette méthode est à éviter, d'autant plus qu'on ne peut trouver dans les drogueries que des solutions de soude caustique à plus faible concentration sous forme de cristaux).*
- Une fois soumises à l'un des traitements ci-dessus, les lames seront plongées pour finition, dans une solution fortement diluée de soude caustique pendant 60 à 15 minutes selon la

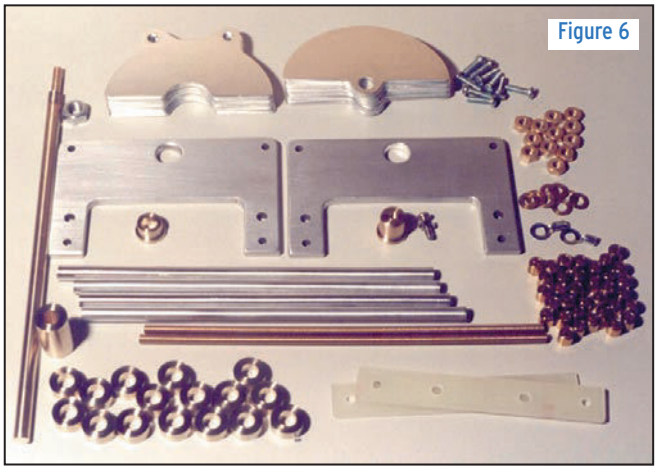


Figure 6

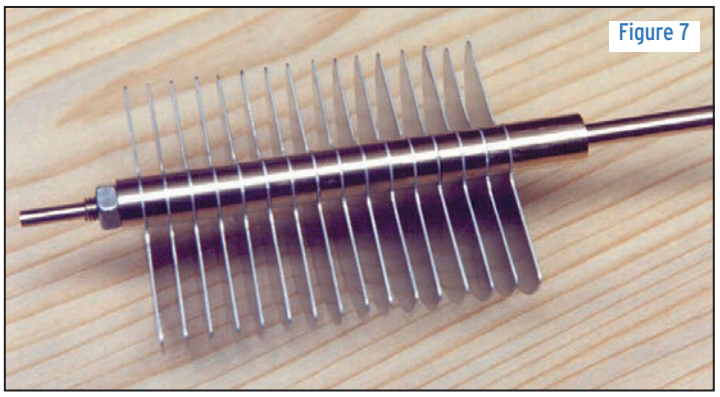


Figure 7

température ambiante. Vous pourrez utiliser pour cela, des récipients en matière plastique, en Pyrex® ou en céramique. Les lames seront plongées une à une (ou ensemble mais espacées entre elles par un moyen quelconque tel que fil de Nylon etc.).
Ces traitements de surface sont destinés à éliminer tout défaut persistant sur les lames du condensateur. Ensuite, les lames seront abondamment rincées à l'eau courante : elles sont alors dépourvues de la couche d'oxyde d'aluminium (alumine) qui le protège des agents extérieurs. Laissez-les exposées à l'air libre pendant quelques heures pour que cette couche superficielle épaisse de quelques microns (µm) seulement, se reconstitue naturellement.

L'AXE DE COMMANDE

Cet axe (#3) est destiné à supporter les lames mobiles. Il sera exécuté à partir de la tige de laiton de 6 mm de diam. et de 180 mm de long. (L'aluminium ou le Dural ne conviennent pas pour un tel usinage mais vous pouvez opter pour du fer doux ou de l'acier plus difficile à usiner mais de meilleure tenue mécanique). Cet axe devra comporter une extrémité filetée M6 sur une longueur de 25 mm, laquelle sera ensuite réduite au tour à un diamètre de 4 mm sur une longueur de 15 mm (voir la figure 2). Cette extrémité est destinée à être supportée par le palier arrière et sert de référence aux cotes suivantes :
A la cote 120 mm, un trou transversal sera percé à un diamètre de 2,5 mm et ensuite taraudé à M3, il servira à immobiliser les lames mobiles vers l'avant. Voir la figure 2.

LES DEUX MONTANTS

Il s'agit des montants frontal et arrière (# 4) qui constitueront la "cage" et assureront la rigidité mécanique et électrique du condensateur.
Ils sont formés par les deux plaques d'aluminium de 90 x 62 mm et de 3 mm d'épaisseur. Leur découpe pourra se faire à l'aide d'une petite scie à découper (abrafil etc.) suivant la figue 3. Figure dans laquelle les perçages marqués 3 seront à Ø 3mm et les perçages marqués 10 seront Ø 10mm. Ces deux derniers sont destinés à recevoir les paliers de l'axe de commande.
Voir la figure 3.

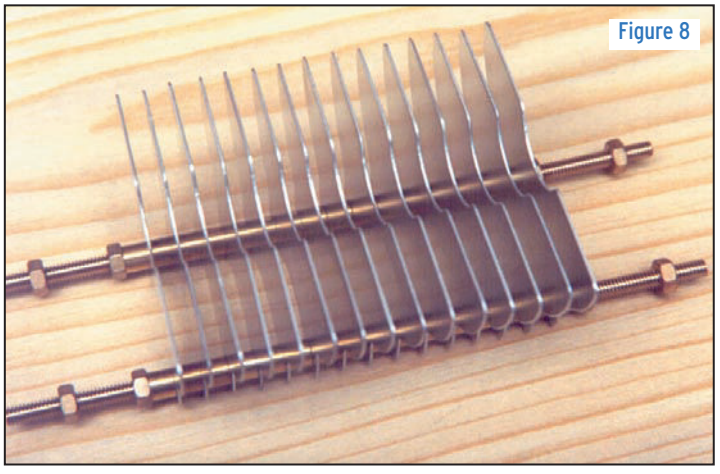


Figure 8

LES PLAQUES ISOLANTES

Ces deux plaques solidaires (#5) des deux montants serviront à maintenir les lames fixes. Elles devront être en matériau isolant HF de très bonne tenue mécanique et capable de supporter des tensions électriques élevées. Des matériaux isolants tels que la résine métacrylique (Plexiglass), la Bakélite, la fibre isolante ou mieux encore : trois plaques de résine Epoxy superposées et dépourvues de leurs couches de cuivre pourront convenir. Leurs dimensions seront de 90 x 14 mm, d'une épaisseur totale de 3 mm et seront percées aux cotes données sur la figure 4.

LE PALIER FRONTAL

Le palier frontal (# 6) destiné à recevoir l'axe de commande, sera exécuté au tour à partir d'une tige de laiton de 12 mm de diamètre aux dimensions données sur la figure 5.

LE PALIER ARRIÈRE

Ce palier (# 7) est aussi destiné à recevoir l'axe des lames mobiles. Il sera exécuté de la même manière et avec la même précision que le palier frontal. Cependant, il servira de butée et son alésage borgne intérieur sera de 4 mm et le perçage axial destiné à recevoir la vis de butée, sera percé à Ø 2,5 mm** puis taraudé à M3. Voir la figure 5.

L'ENTRETOISE FRONTALE

Ce tube cylindrique (# 8) maintient l'ensemble des plaques mobiles sur la partie avant de l'axe de commande et sert de butée sur le palier frontal. Exécuté à partir d'une tige de laiton de 12 mm de diamètre, il aura 18 mm de long et sera alésé à un diamètre de 6 mm pour le passage de l'axe. De plus, il sera percé en son milieu et transversalement à un diamètre de 3 mm pour le passage de la vis de blocage M3 destinée à l'immobiliser sur l'axe de commande. Voir la figure 5.

LES ENTRETOISES DES LAMES FIXES

Ce sont les 32 entretoises (# 9) destinées à maintenir les lames fixes sur les deux tiges filetées les supportant. Elles sont exécutées à partir d'un tube de cuivre de 6 mm de diamètre extérieur et de 4 mm de diamètre intérieur et sur une longueur de 5 mm. Cette longueur et le parallélisme des faces devront être rigoureusement respectés. Voir la figure 5.

LES ENTRETOISES DES PLAQUES MOBILES

Ce sont les 16 entretoises (# 10) destinées à maintenir les lames mobiles sur l'axe de commande. Elles sont exécutées à partir de tige de laiton de Ø 12 mm alésée à 6 mm de diamètre intérieur et ayant une longueur de 5 mm. Cette longueur et le parallélisme des faces devront être rigoureusement respectés. Voir la figure 5.

LES TIGES SUPPORTANT LES LAMES FIXES

Ces deux tiges en laiton (# 11) et filetées M4 ont une lon-

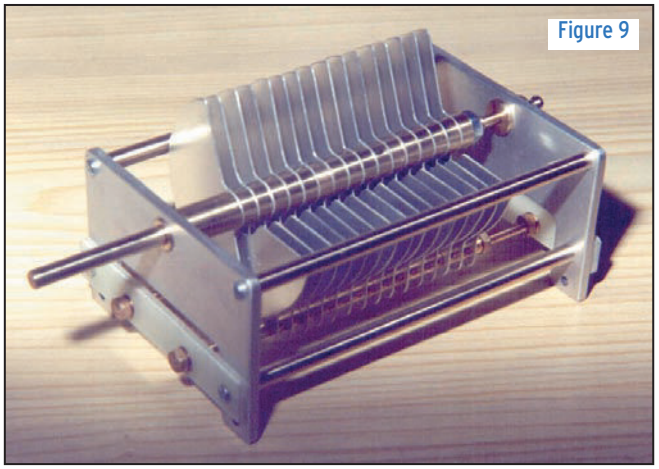


Figure 9

gueur de 150 mm et sont destinées à supporter l'ensemble des lames fixes. Elles seront ultérieurement fixées sur les plaques isolantes.

LES ENTRETOISES ENTRE LES DEUX MONTANTS

Ces sont quatre tiges de laiton (# 12) de 6 mm de diamètre et de 127 mm de long (cote à respecter) maintiennent la rigidité mécanique des deux montants pour constituer la cage du condensateur. Leurs extrémités sont alésées à Ø 2,5 mm sur une profondeur de 10 mm et taraudées M3.

LES AUTRES PIÈCES

Les autres pièces (# 13 à 18) telles que les divers écrous, vis, rondelles et la cosse de connexion, sont standard.

MONTAGE

Le montage du condensateur n'est pas compliqué. La seule chose à respecter est l'espacement et l'alignement des lames fixes et mobiles. Le reste est à la discrétion du constructeur.
Nous commencerons par assembler l'armature mobile sur son axe de commande suivant la photo de la figure 7. L'entretoise frontale sera d'abord introduite sur l'axe et immobilisée à l'aide d'une vis M3 x 10 fermement serrée sur le trou transversal, puis on enfile une lame, une entretoise, une lame, une entretoise et ainsi de suite jusqu'à la dernière entretoise ; puis le tout sera serré par l'écrou M6. Pour cela, vous disposerez l'ensemble sur une surface dure et plane, à même l'établi, sur deux morceaux de bois parallèles qui épauleront les bords rectilignes des lames. Vous maintenez bien le tout à la main et vous serrez fermement l'écrou M6 à l'aide d'une clé plate correspondante.

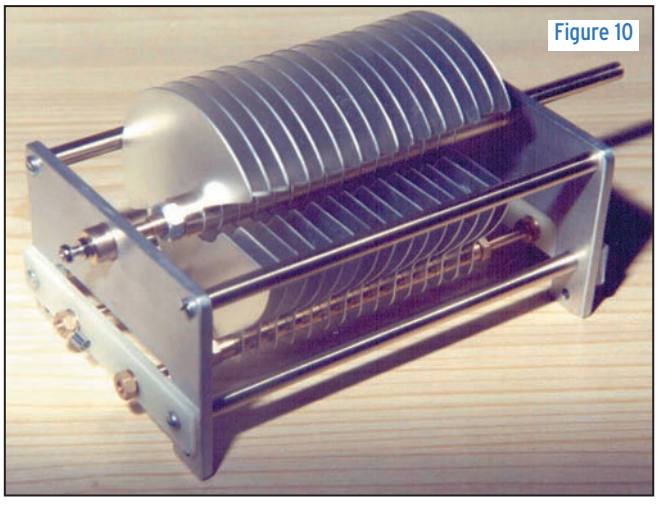


Figure 10

Ensuite nous introduirons les deux paliers munis à l'intérieur d'un peu de graisse (si possible au silicone) aux extrémités correspondantes de l'axe. Puis le tout sera provisoirement monté sans serrer sur les deux montants d'extrémité.
Nous monterons de la même manière, l'ensemble des lames fixes et leurs entretoises sur leurs tiges filetées en immobilisant le tout par 4 écrous M4 énergiquement serrés aux extrémités suivant la photo de la figure 8.
Puis les deux plaques isolantes seront introduites à ces extrémités et fixées à l'aide de 4 rondelles et de 4 écrous M4. L'une des plaques isolantes (à votre choix) sera munie au préalable de la cosse de connexion (# 18). L'ensemble des lames fixes devra alors coïncider avec celui des lames mobiles avant de procéder à l'assemblage final.
Ensuite, l'ensemble des lames mobiles sera monté superposé sur celui des lames fixes en position ouverte (lames sorties) en fixant le tout par les écrous M4 serrés à la main. Les plaques isolantes seront définitivement fixées sur les montants à l'aide des vis et écrous M3 restants. Puis nous procédons à la dernière étape qui consiste à rendre solidaires les deux montants à l'aide des 4 entretoises de Ø 6 et des 8 vis M3 restantes. A ce stade les lames mobiles et fixes devront être parfaitement alignées et écartées entre elles en jouant légèrement sur le couple de serrage des écrous maintenant les lames fixes. Voir la photo de la figure 9.
La vis de butée du palier arrière vous servira à rattraper tout jeu axial résiduel et à régler la dureté de rotation de l'axe. Cependant, ne la serrez pas trop fort sous peine de déformer les montants. La photo de la figure 10 vous montre la partie arrière du condensateur, une fois terminé, avec la vis de butée en place et son contre-écrou de blocage. On y distingue aussi la cosse de connexion des lames fixes.

- Si vous disposez d'un capacimètre, vous constaterez que la capacité maximale du condensateur ainsi construit, se situe autour de 250 pF. L'écartement entre les lames mobiles et fixes, lui permet de supporter une tension max. de 3000 volts. Ceci permet de l'utiliser tel quel pour l'accord (tune) d'amplificateurs (ou de boîtes d'accord) de puissance HF respectable.
- Le nombre, les dimensions et l'écartement des lames peuvent être extrapolés pour d'autres applications.

N.d.l.r. :
- La capacité résiduelle de ce condensateur variable (lames ouvertes) sera comprise entre 20 et 30 pF. Cette valeur est à prendre en considération, si vous voulez que votre circuit LC puisse être accordé sur 30 MHz avec un Q raisonnable.
- Les jeux mécaniques radiaux et axiaux de l'axe de commande sur ses deux paliers ne devront pas être perceptibles. La rotation de l'axe sera "douce" sans plus. La vis de butée arrière M3 pourra être avantageusement remplacée par une vis "pointeau" M3 en acier munie d'un contre-écrou de blocage.
- Attention aux couples galvaniques entre alu ou dural et cuivre ou laiton : les lames mobiles, fixes et les deux montants de la cage pourront être avantageusement remplacés par des lames ou des plaques de laiton façonnées aux mêmes cotes puis éventuellement argentées avec les autres pièces en laiton.

L'auteur Luis, EA4NH, demeure à votre entière disposition pour tout renseignement complémentaire concernant cet article.
"Buena suerte y buenos picofaradios" !

Luis Sanchez Perez, EA4NH,
Apartado 421, Toledo, Espagne
E-mail (lusape@ribernet.es)
Traduit et adapté par
André, F3TA